



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 36 591 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 02 K 9/00
H 02 K 21/22
H 02 K 7/18
F 03 D 9/00

②1 Aktenzeichen: 196 36 591.0
②2 Anmeldetag: 10. 9. 96
④3 Offenlegungstag: 12. 3. 98

DE 196 36 591 A 1

⑦1 Anmelder:
Klinger, Friedrich, Prof. Dr.-Ing., 66117 Saarbrücken,
DE

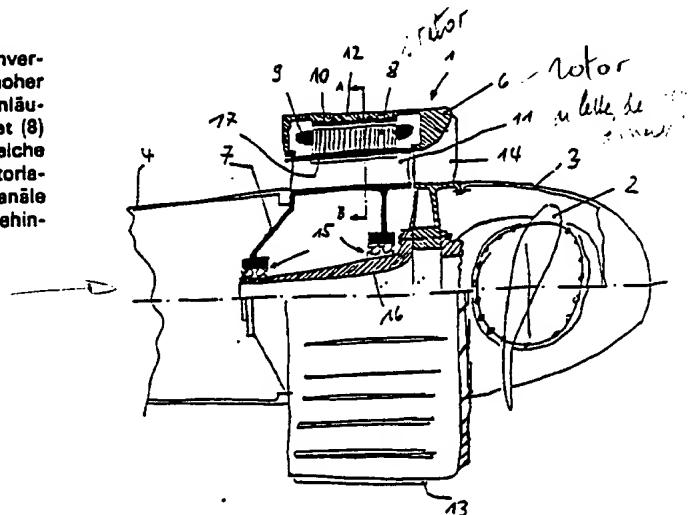
⑦4 Vertreter:
Hanke, H., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anw.,
80802 München

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Generator für getriebelose Windenergiekonverter

⑤7 Bei einem Generator für getriebelose Windenergiekonverter als permanentmagneterregter Synchrongenerator hoher Polzahl wird vorgeschlagen, den Generator (1) als Außenläufer auszuführen, wobei das innenliegende Ständerpaket (8) mit der Ständerwicklung auf Kühlrippen (11) sitzt, welche gleichzeitig die im Generatorluftspalt erzeugten Generatorlasten auf den Turmkopf (4) übertragen und dabei Kühlkanäle bilden, die von der anströmenden Umgebungsluft ungehindert durchströmt werden.



DE 196 36 591 A 1

Besc. Übung

Die Erfindung betrifft einen Vielpol-Synchrongenerator für getriebelose Windkraftanlagen der in Patentanspruch 1 angegebenen Art mit horizontaler Drehachse und Nennleistungen bis zu mehreren Megawatt.

Der Stand der Technik für getriebelose Windkraftanlagen mit Vielpol-Synchrongeneratoren ist in DE 44 02 184 C2 dargestellt.

Diese Konzepte haben Nachteile bei der Kühlung der aktiven Generatorteile. Insbesondere Permanentmagnete sind sehr temperaturempfindlich. So müssen z. B. permanentmagnet-erregte elektrische Maschinen mit innenliegendem Rotor sorgfältig aus gelegte Kühlflächen haben und die Magnetmaterialien müssen für hohe Arbeitstemperaturen im Innern der Maschine ausgewählt werden, was die Kosten für die Magnete stark erhöht. Auch Außenläufermaschinen wurden vorgeschlagen. Bei ihnen liegt dann das feststehende Ständerpaket mit den Wicklungen in Innern und muß zwangsgekühlt werden. Bei Großmaschinen werden z. B. Kühlsysteme mit Wasserstoff oder Kühlwasser eingesetzt.

Bei ausgeführten getriebelosen Windkraftanlagen (ENERCON E 40) mit konventionell aufgebautem Fremderregtem Synchrongenerator wird die Kühlung der aktiven Generatorteile dadurch erreicht, daß die Kühlluft direkt in den Luftspalt der Maschine gebracht wird. Da die Kühlluft Feuchtigkeit und Salz enthalten kann, muß hier ein entsprechender Aufwand für Korrosionsschutz getrieben werden. Das Risiko, daß durch Korrosion frühzeitig Schäden an den thermisch hochbelasteten Wicklungen entstehen, ist bei diesen sog. innengekühlten Maschinen, bei denen als Kühlmedium Außenluft durch die Maschine strömt, besonders hoch. Es kann nur durch kostenintensive Vakuum-Druck-Imprägnierung der Wicklungen reduziert werden.

Aufbauend auf dem vorgenannten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, einen Vielpolgenerator der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine besonders zuverlässige und wirkungsvolle Außenkühlung aller aktiven Generatorteile aufweist.

Gelöst wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhaft weiterentwickelt wird der Erfindungsgegenstand durch die Merkmale der Unteransprüche 2 und 3. Anspruch 4 ermöglicht die Kombination der Kühlkonzepte mit einem bereits bekannten Lagerkonzept aus DE 44 02 184 C2. Die Ansprüche 5 und 6 beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungskonzeptes. Wesen der Erfindung ist ein besonders einfacher mechanischer Aufbau für große Vielpolgeneratoren mit Permanent-Magnet-Erregung, bei dem gleichzeitig eine effektive Kühlung von Ständer und magnetbestücktem Läufer erreicht wird.

Dabei wird die bei kleinen Ventilatoren bekannte Bauform des Außenläufers benutzt. Das ergibt bei Vielpolmaschinen mit Permanentmagnetenerregung einen kleinen Außendurchmesser bei vorgegebenem Durchmesser des Luftspaltes der Maschine.

Alle bisher gefertigten Vielpolgeneratoren für Windkraftanlagen sind als Innenläufer konzipiert.

Bei getriebelosen Windkraftanlagen ist das vom Generator aufzunehmende Drehmoment sehr groß und entspricht dem von den Rotorblättern abgegebenen Drehmoment von z. B. 200 kNm bei einer Windkraftanlage mit einer Nennleistung von 600 kW. Um ein so großes Drehmoment zu erreichen, muß die elektrische Maschine mit hoher Polzahl und einem entsprechend großen

Luftspaltdurchmesser D_L versehen sein und eine entsprechende Paketlänge B_L aufweisen, wobei das Drehmoment dem Produkt $B_L \times D_L^2$ etwa proportional ist.

Daraus geht hervor, daß eine Vergrößerung von D_L besonders vorteilhaft ist, weil dadurch die Paketlänge B_L und damit die Länge der Leiter in der Kupferwicklung reduziert wird. Andererseits ist der Außendurchmesser D_A des Generators aus Transportgründen zu begrenzen, z. B. unter 3,5 m für den Straßentransport.

Die Wahl des Außenläuferkonzeptes bei permanentmagnetischer Erregung entsprechend dem Erfindungsgedanken führt zu besonders vorteilhaften Durchmesser-Verhältnissen mit einem Außendurchmesser D_A , der nur um einige Zentimeter größer baut, als der Luftspaltdurchmesser D_L und völlig unabhängig von der Höhe H_S des Ständerpaketes und der Höhe H_K der Kühlkanäle:

$$D_A = D_L + 2H$$

$$\text{mit } H = H_R + H_J + H_M + H_L$$

Gegenüber heute üblichen Großgeneratoren führt die hier vorgeschlagene Kombination von außenliegendem gut kühlbarem Läufer mit darin befestigten Erregermagneten aus hochwirksamen Permanentmagnetmaterial wie Eisen-Neodymium-Bor und einem auf Kühlrippen aufgesetzten innenliegenden Ständerpaket zu einer einfachen kompakten Generatorkonstruktion mit der Möglichkeit der Kühlung von Läufer und Ständer durch die anströmende Außenluft und ohne zusätzliche Kühlgebläse. Weiter ist diese Bauart den außengekühlten elektrischen Maschinen zuzuordnen, da die aktiven Generatorteile wie Wicklung, Erregermagnete und Luftspalt nicht von der Außenluft durchströmt werden. Der Aufbau eines Generators nach diesen Merkmalen ist einfach und führt zu geringen Massen und zu einem relativ kleinen Außendurchmesser (z. B. 3,4 m bei 600 kW).

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispieles unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Windenergieanlage in der Seitenansicht

Fig. 2 einen Längsschnitt durch den Generator

Fig. 3 einen Querschnitt durch die aktiven Generatorteile.

Getriebelose Windenergieanlagen mit horizontaler Rotorachse gemäß Fig. 1 haben einen langsamlaufenden Vielpolgenerator (1), der direkt mit dem Rotor (3) gekoppelt ist. Die von den Rotorblättern (2) erzeugten Drehmomente werden vom Rotor auf das drehende Teil des Generators, den Läufer, ohne Zwischenschaltung von Getrieben übertragen.

Zwischen Generator (1) und Turm (5) ist ein Turmkopf (4) angeordnet, in dem auch eine Einrichtung zum Drehen des Rotors in die jeweilige Windrichtung untergebracht ist.

Ein Ausführungsbeispiel für den Vielpolgenerator ist in Fig. 2 im Längsschnitt dargestellt. Sein Ständer (7) ist am Turmkopf (4) befestigt und beinhaltet die Lagerung (15) in Form einer üblichen Wälzlageranordnung, die ihrerseits die Welle (16), den Läufer (6) und den Rotor (3) tragen.

Zum Ständer gehört auch das Ständerpaket (8), in dem die Wicklung (9) untergebracht ist.

Das Joch (12) des Läufers umschließt den Ständer. Es ist als dünnwandiges Stahlrohr ausgeführt und trägt auf der Innenseite Pole (10) aus einzelnen Permanentteile-

menten, die mit dem Joch verklebt sind. Im Luftspalt zwischen Ständerpaket und Läuferjoch sind große magnetische Kräfte in radialer und axialer Richtung wirksam. Diese Kräfte werden von Kühlrippen (11) auf das Ständergehäuse übertragen.

Fig. 3 zeigt einen Teilquerschnitt AB der aktiven Generatorteile und der Kühlkanäle, die durch das geblechte Ständerpaket (8), die Kühlrippen (9) und das Ständergehäuse (7) gebildet werden.

Durch geeignete Wahl der Abstände und Höhen der Kühlrippen (11) können die Querschnittsflächen der Kühlkanäle optimiert werden. Insbesondere lassen sich weitere kleine Kühlrippen (17) am Blechpaket kostengünstig durch Ausstanzen anbringen.

Die Kühloberfläche für das Ständerpaket läßt sich durch die Gestalt der kleinen Kühlrippen (17) und der großen Kühlrippen (11) leicht an den Bedarf anpassen, ohne daß die Maschine im Außendurchmesser vergrößert werden mußte.

Die Anordnung der Kühlrippen (11) unter einem leichten Winkelsatz (18) zur radialen Richtung von 5° bis 10° ergibt eine besonders tragfähige Gewölbestruktur, bestehend aus dem Ständerpaket (8), dem Ständergehäuse (7) und den Kühlrippen (11). Besonders auch für Drehmomentübertragung ist diese Anordnung günstig.

Ersichtlich ermöglicht die Erfindung einen besonders einfach aufgebauten Vielpolsynchrongenerator mit Permanentmagneten als Erregung, bei dem durch die Führung der Außenluft um das Joch und durch Kühlkanäle eine optimale Kürzung erreicht wird bei einem Außendurchmesser, der nur um einige Zentimeter größer ist als der Luftspaltdurchmesser.

Patentansprüche

1. Generator für getriebelose Windenergiekonverter als permanentmagnetenerregter Synchrongenerator hoher Polzahl nach Fig. 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (1) als Außenläufer ausgeführt ist und das innenliegende Ständerpaket (8) mit der Ständerwicklung (9) auf Kühlrippen (11) sitzt, die gleichzeitig die im Generatorluftspalt erzeugten Generatorlasten auf den Turmkopf (4) übertragen und dabei Kühlkanäle bilden, die von der anströmenden Umgebungsluft ungehindert durchströmt werden.

2. Generator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der außenliegende Läufer (6) als dünnwandiges, rohrförmiges Joch (12) ausgebildet ist, das auf seiner Innenseite Permanentmagnete (10) zur Erregung der Synchronmaschine trägt und gleichzeitig auf der Außenseite eine große durch Kühlrippen (13) noch vergrößerbare Kühlfläche bereitstellt, die eine intensive Kühlung der temperaturempfindlichen Permanentmagnete (10) durch die frei anströmende Umgebungsluft gewährleistet.

3. Generator nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (6) eine Beschauelfung (14) trägt, die gleichzeitig die im Generatorluftspalt erzeugten Generatorlasten auf die Welle (16) überträgt und die Kühlluft in die Kühlkanäle des Ständers (7) fördert.

4. Generator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerung (15) des Generators gleichzeitig die Wind- und Gewichtskräfte der Rotorblätter aufnehmen und auf den Turmkopf übertragen.

5. Generator nach Anspruch 1 und 2 mit aus dünnen Segmentblechen zusammengesetztem Ständerpaket (8), dadurch gekennzeichnet, daß das Ständerpaket (8) über Stege oder Kühlrippen (11), die wie Speichen nahezu radial angeordnet sind, mit dem Ständergehäuse (7) verbunden ist, so daß mit einfachsten Mitteln ein tragfähiges Gewölbe entsteht, das für radial- und tangential im Luftspalt der Maschine wirkende magnetische Kräfte besonders widerstandsfähig ist.

6. Generator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Kühlkanäle zwischen Ständerpaket (8) und Ständergehäuse (7) durch weitere mit den Segmentblechen ausgestanzten Kühlrippen (17) zwischen den Stegen erheblich vergrößert werden kann.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

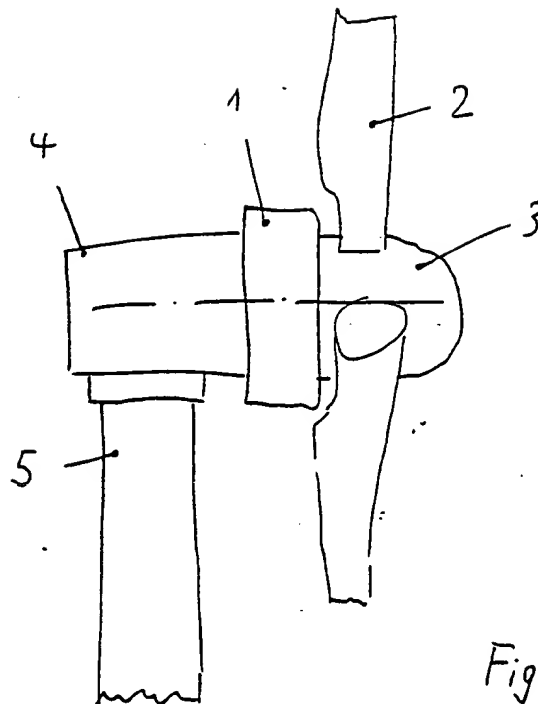
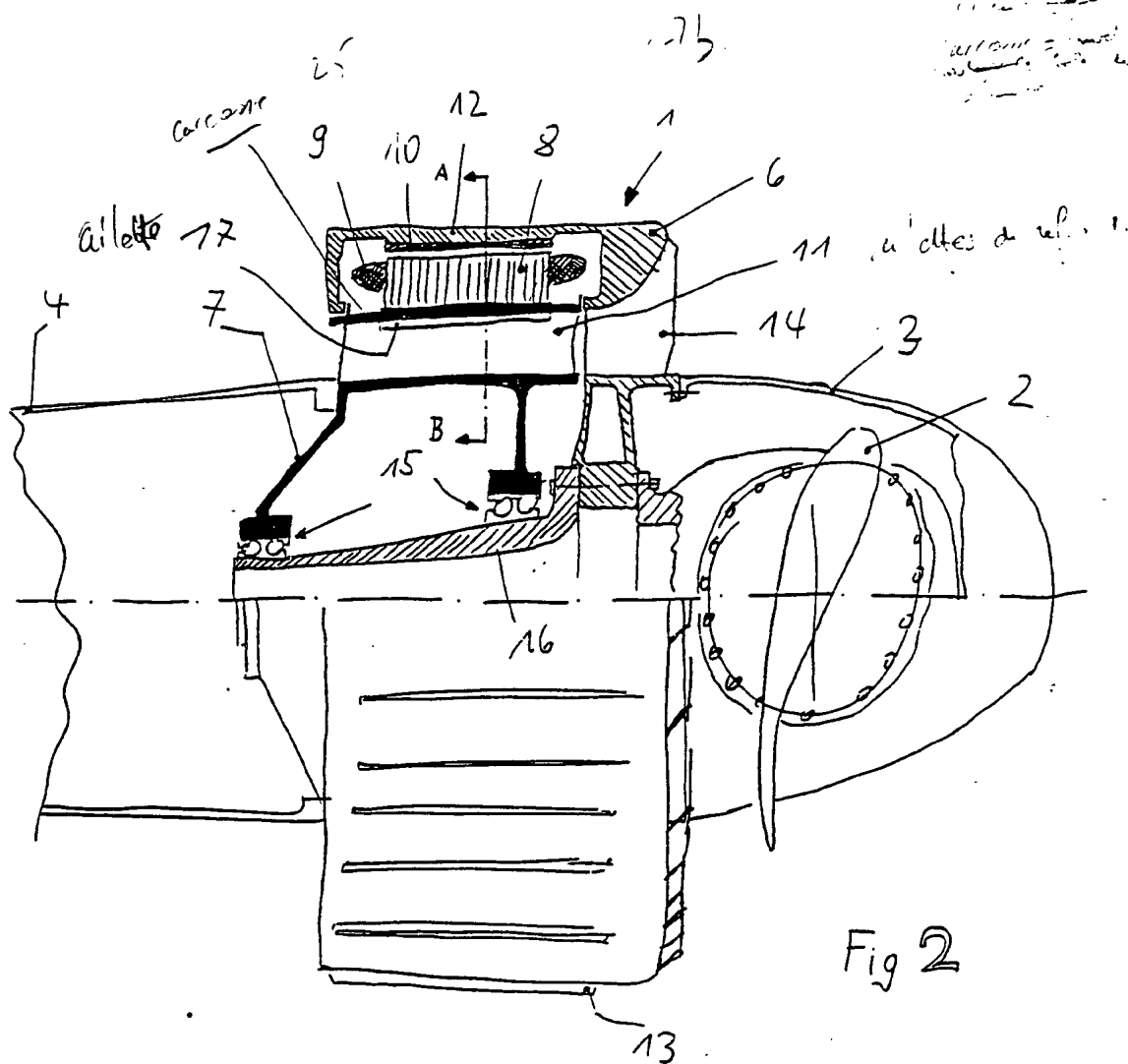


Fig 1



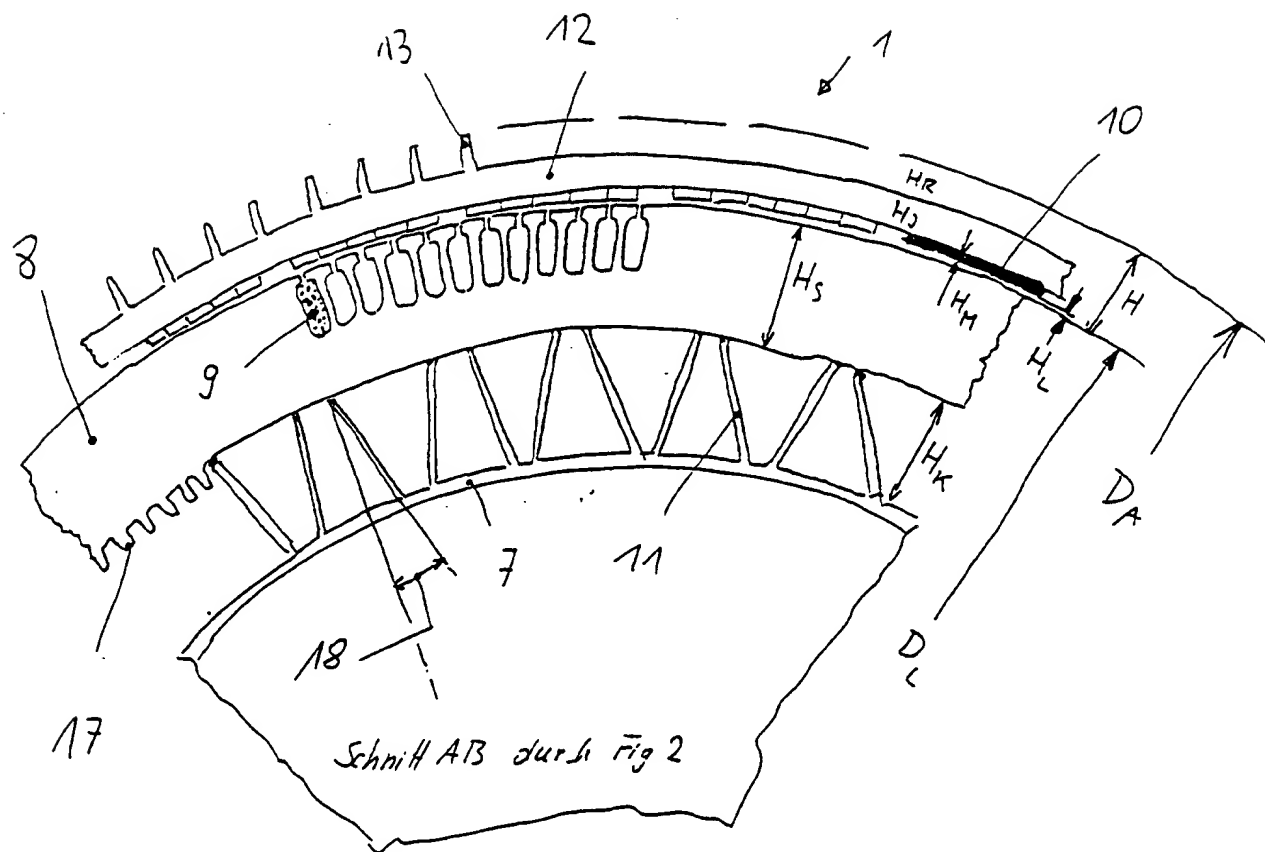


Fig 3